

①⑨ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 30 09 922 A 1**

⑤① Int. Cl. 3:

**F 03 D 7/02**

②① Aktenzeichen:

P 30 09 922.0

②② Anmeldetag:

14. 3. 80

④③ Offenlegungstag:

24. 9. 81

Behördeneigentlich

⑦① Anmelder:

M.A.N. Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg AG, 8000  
München, DE

⑦② Erfinder:

Brielmaier, Albrecht, 8061 Vierkirchen, DE

⑤④ **Regelungs- und Steuerungsanlage zur Verstellung der Flügel des Windrads eines Windkraftwerks**

DE 30 09 922 A 1

DE 30 09 922 A 1

1  
wo/td

3009922

MASCHINENFABRIK AUGSBURG-NORNBERG  
Aktiengesellschaft

5

München, 11. März 1980

10

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. (1.) Regelungs- und Steuerungsanlage zur Verstellung der Flügel des Windrads eines Windkraftwerks, gekennzeichnet durch Meßvorrichtungen im Zusammenhang mit der Verstellung, zu denen an den Flügeln (41) vorgesehene Sicherheitsmeßvorrichtungen (45, 10) gehören, eine elektronische Regeleinrichtung (20), in der die Meßimpulse der Meßvorrichtungen für die Verstellung zu Verstellimpulsen verarbeitbar sind und diesbezüglich eine Kontrolle (Korrektur, Begrenzung oder Ersatz) von den Sicherheitsmeßvorrichtungen (45, 10) her durchführbar ist, eine durch die Verstellimpulse betätigbare, hydraulische Steuereinrichtung (I) mit Durchflußmengenbegrenzern (27, 28) und eine Einrichtung (II) zur Lieferung der Steuerflüssigkeit mit einem Sammelbehälter (22) und einem Druckspeicher (25).
2. Regelungs- und Steuerungsanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßvorrichtungen für die Verstellung Vorrichtungen (43, 44) zur Messung der Windgeschwindigkeit oder des Winddrucks an verschiedenen Stellen an einem Querschnitt des das Windrad betreibenden Luftstroms für Einzelverstellung der Flügel (41) sind.

7.1982

130039/0449

3009922

- 1 3. Regelungs- und Steuerungsanlage nach Anspruch 2, da-  
durch gekennzeichnet, daß die Windmeßvorrichtungen  
(43, 44) an den Flügeln (41), an einer mit einem  
5 Windradträger (Maschinengehäuse, Turmkopf oder der-  
gleichen) mitdrehbaren Trageinrichtung oder an um  
den Turm herum angeordneten Meßmasten vorgesehen sind.
- 10 4. Regelungs- und Steuerungsanlage nach Anspruch 1, 2 oder  
3, dadurch gekennzeichnet, daß die Sicherheitsmeßvor-  
richtungen Dehnmeßstreifen (45) und/oder Beschleuni-  
gungsmesser (10) sind.
- 15 5. Regelungs- und Steuerungsanlage nach Anspruch 1, 2, 3  
oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß sie einen mit dem  
Flügel (41) mitdrehbaren Drehwiderstand (11), der  
auch als Drehstellungsmesser für den Flügel (41)  
dient, einen Windraddrehzahlmesser (18) und einen  
20 Windraddrehstellungsmesser aufweist, deren Meßimpulse  
in der elektronischen Regeleinrichtung (20) verar-  
beitbar sind.
- 25 6. Regelungs- und Steuerungsanlage nach einem der An-  
sprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die  
hydraulische Steuereinrichtung (I) je Flügel (41)  
einen hydraulischen Stellmotor (29) und je Flügel  
(41) ein durch die Verstellimpulse betätigbares, hy-  
30 draulisches Servoventil (26) zur Steuerung der Steuer-  
flüssigkeit für den Stellmotor (29) aufweist.

35 7.1982  
11.03.1980

130039/0449

3009922

- 1
7. Regelungs- und Steuerungsanlage nach Anspruch 1 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Durchflußmengenbegrenzer (27, 28) einstellbar und zwischen dem Servonventil (26) und dem Stellmotor (29) vorgesehen sind.
- 5
8. Regelungs- und Steuerungsanlage nach Anspruch 1 oder einem der anderen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerflüssigkeitsliefereinrichtung (II) eine Pumpe (21) aufweist, die aus dem Sammelbehälter (22) in den Druckspeicher (25) fördert.
- 10
9. Regelungs- und Steuerungsanlage nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß von dem Sammelbehälter (22) und dem Druckspeicher (25) zumindest der Druckspeicher (25) ein geschlossener Behälter (25, 22) mit einer gasgefüllten, elastischen Blase (17, 31) ist.
- 15
- 20
10. Regelungs- und Steuerungsanlage nach Anspruch 1 und 8 oder 1, 8 und 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerflüssigkeitsliefereinrichtung (II) einen Elektromotor (19) aufweist, der die Pumpe (21) antreibt und von der elektronischen Regeleinrichtung (20) ein- und ausschaltbar ist.
- 25
11. Regelungs- und Steuerungsanlage nach Anspruch 1 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektromotor (19) und somit die Pumpe (21) über die elektronische Regeleinrichtung (20) durch einen Steuerflüssigkeitsdruckregler des Druckspeichers (25) ein- und ausschaltbar ist.
- 30

35 7.1982  
11.03.1980

*24*

130039/0449

1

wo/td

MASCHINENFABRIK AUGSBURG-NORNBERG  
Aktiengesellschaft

5

München, 11. März 1980

10

Regelungs- und Steuerungsanlage zur Verstellung  
der Flügel des Windrads eines Windkraftwerks

15

Die Erfindung bezieht sich auf eine Regelungs- und Steuerungsanlage zur Verstellung der Flügel des Windrads eines Windkraftwerks.

20

Das durch Lueger, Lexikon der Technik, 1965, Bd. 7, Seiten 574 bis 581, bekannte, betriebene Windkraftwerk weist eine Regelungs- und Steuerungsanlage auf, bei der Drehzahl und Leistungsfühler unabhängig voneinander durch direkten Eingriff oder über hydraulische Servomotoren die Einstellung der Flügel beeinflussen. Die Blattwinkel der Flügel werden über einen hydraulischen Stellmotor kontinuierlich verstellt. Öl für diesen wird von einer Hauptpumpe aus einem Öltank gefördert. Der hydraulische Stellmotor arbeitet bei einem Systemdruck von 12 bis 20 at gegen die Wirkung der dynamischen und aerodynamischen Rückstellmomente der Flügel und gegen eine vorgespannte Feder, die die Aufgabe hat, bei Ausfall der Hydraulik die Flügel auf Fahnenstellung (Drehzahl gegen Null) zu verstellen. Der eigentliche Betrieb beginnt übrigens erst dann, wenn die

25

30

35

7.1982

- 1 mittlere Windgeschwindigkeit groß genug ist. Dann fließt  
das geförderte Öl nicht mehr in den Öltank zurück, sondern  
bringt die Flügel über den Stellmotor in Betriebsstellung.  
5 Die Anlage weist ein Fliehpendedel und einen Leistungsregler  
auf. Beim Parallelbetrieb wird die Regelung nur durch den  
Leistungsregler vorgenommen. Das Fliehpendedel dient bei  
Netzbetrieb lediglich als Überdrehzahlenschutz. Die Anlage  
ist aufwendig und kompliziert. Ferner ist das zweiflüglige  
10 Windrad durch die mit der Höhe über dem Erdboden zunehmenden  
und auch bei einer einseitigen Bö an den einzelnen  
Flügeln unterschiedlich großen Windgeschwindigkeiten bzw.  
Luftkräfte um eine Querachse schwenkbar, und es ist eine  
für die Drehzahlregelung vorgesehene, der gleichmäßigen  
15 Verstellung der Flügel dienende Verstelleinrichtung mecha-  
nisch so ausgebaut, daß mit der Schwenkbewegung des Wind-  
rads ein Verstellen der Flügel in der Art gekoppelt ist,  
daß die Anstellwinkel des stärker beaufschlagten Flügels  
gegenüber der Relativströmung verkleinert und die Anstell-  
20 winkel des anderen Flügels entsprechend vergrößert werden.  
Dies alles dient der Verbesserung der Laufruhe, ist  
aber aufwendig, kompliziert und stör anfällig und nur  
bei diametral gegenüberliegenden Flügeln anwendbar.
- 25 Gleiches gilt auch für die durch die DE-PS 386 126  
bekannte, zweiflüglige, von einem Motor angetriebene  
Schraube, bei der jeder Flügel eine solche Druckmittel-  
punkt lage hat, daß der Luft- oder Flüssigkeitsdruck ihn  
entgegen Federwirkung in die Stellung geringsten Einfall-  
30 winkels zu drehen trachtet, wobei die Wirkung der Rück-  
führfeder auf die Flügel gleichzeitig erfolgt unter  
Vermittlung einer Differentialkupplung, die auf die Flügel  
entgegengesetzt wirkt, um Unsymmetrien der Luft- bzw.  
Flüssigkeitskräfte selbsttätig auszugleichen. Sind diese  
35 Kräfte auf die Flügel gleich, werden die Flügel gleich-

7.1932  
11.03.1980

130039/0449

1 mäßig verstellt. Sind sie ungleich, wird der Einfall-  
winkel des einen Flügels vergrößert, der des anderen  
verkleinert, wodurch der genannte Ausgleich erfolgt,  
5 während die Änderung des Einfallwinkels beider Flügel  
entsprechend den mit der Drehzahl des Motors sich ändern-  
den Luft- bzw. Flüssigkeitsdrücken durch ein anderes  
Mittel der Verstelleinrichtung erfolgt. Die gesamte Ver-  
stelleinrichtung, die eine rein mechanische ist und im  
10 Nabengebiet vorgesehen ist, ist auch hier aufwendig,  
kompliziert und stör anfällig. Außerdem ist das ganze  
System wiederum nur bei diametral gegenüberliegenden  
Flügeln anwendbar.

15 Aufgabe gemäß der Erfindung ist es, eine der Verstellung  
der Flügel eines Windrads eines Windkraftwerks dienende  
Regelungs- und Steuerungsanlage anderer Art als im ge-  
nannten bekannten Fall zu schaffen, die nicht nur mög-  
lichst wenig oder gar nicht auf mechanischer Grundlage  
20 arbeitet, sondern die einschließlich der Flügelver-  
stellung bei den verschiedenartigsten Windverhältnissen  
und Änderungen derselben und auch bei Überlastungsgefahr  
schnell, sicher und genau anspricht bzw. reagiert und  
arbeitet, wobei mit im wesentlichen gleichen Mitteln  
25 ein gleichmäßiges bzw. unterschiedliches Verstellen der  
Flügel erzielbar sein soll.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im Kenn-  
zeichen des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst.

30 Durch diese Erfindung ist die Aufgabe sowohl für normale,  
d. h. ungefährliche Windstärken als auch für gefährlich  
hohe Windstärken und auch für Böen gut gelöst. Die ge-  
nannte Verarbeitung in der elektronischen Regeleinrichtung  
35 oder -einheit und die durch die Verstellimpulse bedingte  
Tätigkeit der hydraulischen Steuereinrichtung gehen in

7.1982  
11.03.1980

7

3009922

1 allen Fällen schnell, sicher und genau vor sich und somit  
auch die Verstellung der Flügel. Die hydraulische Steuerein-  
richtung kann zur gleichmäßigen, d.h. gleichzeitigen,  
5 um den gleichen Betrag und im gleichen Drehsinn erfolgen-  
den, Verstellung der Flügel eine einzige, über ein einziges  
hydraulisches Servoventil betätigbare, hydraulische  
Stellvorrichtung (insbesondere Stellmotor) oder sowohl  
zur gleichmäßigen als auch zur unterschiedlichen bzw.  
10 Einzel-Verstellung der Flügel je eine solche, jeweils über  
ein zugehöriges, hydraulisches Servoventil betätigbare,  
hydraulische Stellvorrichtung (insbesondere Stellmotor)  
aufweisen. Durch den Druckspeicher steht für die Ver-  
stellung der Flügel immer ein hoher Steuerflüssigkeitsdruck  
15 an, der diese Verstellung sofort und sicher durchführen  
kann. Die Sicherheitsmeßvorrichtungen sind an den vom  
Wind beaufschlagten Flügeln selbst vorgesehen, um eine  
Gefährdung der Flügel und ihrer Lagerungen oder des Wind-  
rads und anderer Teile des Windkraftwerkes auszuschalten,  
20 besonders bei Böen und einem Orkan. Die Durchflußmengen-  
begrenzer geben Sicherheit in der Hinsicht, daß sie die  
Verstellgeschwindigkeit der hydraulischen Stellvor-  
richtung begrenzen und bei der schnellen Verstellung  
der Flügel eine unzulässig hohe Torsion derselben ver-  
25 hindern. Bei der genannten Kontrolle handelt es sich  
um einen Vergleich der Meßimpulse bzw. -signale minde-  
stens einer Meßvorrichtung für die Verstellung und minde-  
stens einer Sicherheitsmeßvorrichtung miteinander. Es  
handelt sich um eine Korrektur oder Begrenzung oder  
30 ein Ersetzen des Impulses bzw. Signals für die Verstellung  
durch den Impuls (das Signal) bzw. die Impulse (Signale)  
mindestens einer der Sicherheitsmeßvorrichtungen. Es  
handelt sich um eine einfach oder eine zwei- oder mehrfach  
abgesicherte (redundante) Kontrolle oder dergleichen des  
35 Impulses, Signals oder verstärkten Signals in der bzw. der

7.1982  
11.03.1980



1 elektronischen Regeleinrichtung. Diese Kontrolle, insbe-  
sondere die zwei- oder mehrfach abgesicherte, stellt u. a.  
sicher, daß die Flügel bei sehr hohen Windgeschwindigkeiten,  
5 auch bei denen eines tropischen Orkans (mehrere hundert  
km/h Spitze), niemals überlastet werden. Die Flügel können  
schnell in ihre Null- oder Fahnenstellung gebracht werden,  
übrigens auch bei einem elektronischen und/oder hydrau-  
lischen und/oder sonstigen Versagen. Im allgemeinen wird  
10 die Anstellung der Flügel desto steiler, je größer die  
Windgeschwindigkeit wird.

Die erfindungsgemäße Anlage ist relativ einfach und un-  
kompliziert. Sie hat ohne großen Aufwand eine lange  
15 Lebensdauer. Sie vermeidet zumindest weitgehend mecha-  
nische Teile oder Einheiten bzw. Hebel, Gelenke und  
dergleichen mit ihren Nachteilen, wie Korrosionsempfind-  
lichkeit, Verschmutzung, Wartungsschwierigkeiten - und  
daher Energieausfall - und ungenaue Regelung und Steuerung.  
20 Sie ist eine Anlage aus Meßvorrichtungen, Impulsleitungen  
und einer elektrohydraulischen Gesamteinrichtung. Die  
Anlage ist insbesondere für ein Windrad mit sehr großem  
Außendurchmesser (z.B. 100 m), also für ein Großwindkraft-  
werk vorgesehen und vorzugsweise für ein solches für oder  
25 u. a. für Stromerzeugung und Einschalten in ein vor-  
handenes Netz. Die Anlage ist sehr zuverlässig. Es gibt  
keine Leistungsminderung durch Steuerungsabnutzung. Die  
Anlage ist unempfindlich in tropischem und arktischem  
Klima und in korrosiver und maritimer Atmosphäre. Sie ist  
30 bei Beschädigungen, Überlastung und Fehlfunktion schnell  
abschaltbar. Während des Betriebs ist keine oder nur eine  
geringe Kontrolle bzw. Überwachung notwendig. Ferner  
können die Teile der Anlage, z. B. die elektronische  
Regeleinrichtung oder -einheit, leicht ausgewechselt  
35

7.1982

11.03.1980

- 1 werden. Ferner ist insbes. die elektronische Regeleinrichtung oder -einheit relativ klein. Die Anlage weist einen geschlossenen hydraulischen Kreislauf auf. Ihr Steuer-
- 5 flüssigkeitsverlust ist sehr gering. Die Anlage ist vielseitig verwendbar. Es können (kann) auch die genannten Sicherheitsmeßvorrichtungen und/oder mindestens eine nicht am Flügel vorgesehene Sicherheitsmeßvorrichtung eingesetzt werden, zusammen mit den anderen Merkmalen der Erfindung.
- 10 Im folgenden sind Ausbildungen und Weiterentwicklungen der Erfindung angegeben, wobei einiges schon in den Unteransprüchen aufgeführt ist.
- 15 Vorteilhaft ist, wenn die Windgeschwindigkeit oder der Winddruck ermittelt wird, die betreffenden Meßimpulse in der elektronischen Regeleinrichtung zu Verstellimpulsen verarbeitbar sind und durch die Verstellimpulse die hydraulische Steuereinrichtung für die Verstellung der
- 20 Flügel betätigbar ist. Wird gemäß dem Anspruch 2 vorgegangen, so ist bei unterschiedlichen an den verschiedenen Stellen mit den Windmeßvorrichtungen gemessenen Windgeschwindigkeiten oder -drücken eine von diesen abhängige Einzelverstellung möglich, wofür im allgemeinen
- 25 für jeden Flügel ein eigener hydraulischer Stellmotor vorgesehen ist. Dazu sind keine mechanischen Mittel notwendig, sondern die Meßimpulse der einzelnen Windmeßvorrichtungen werden in der elektronischen Regeleinrichtung unter genannter Kontrolle zu Verstellimpulsen verarbeitet,
- 30 die über die hydraulische Steuereinrichtung die Flügel einzeln verstellen. Es ist möglich, über die elektronische Regeleinrichtung die Einstellwinkel der Flügel während des Windradumlaufs kontinuierlich den mit den Windmeßvorrichtungen gemessenen, nach oben zu- und nach
- 35 unten abnehmenden Windgeschwindigkeiten oder -drücken

7.1982

11.03.1980

- 1 so anzupassen, daß die vom Windrad abgegebene Leistung erhöht oder maximal wird. Das Windrad nutzt also diese verschiedenen Windgeschwindigkeiten bzw. -drücke voll  
5 bzw. bestmöglich aus. Es gibt unten, in der langsamer strömenden Luft, seine Bewegungsenergie nicht ab, die der andere Teil des Windrads oben, in der schneller strömenden Luft, aufnimmt; jeder Flügel ist für sich allein entsprechend dem auftretenden Wind- bzw. Luftgeschwindig-  
10 keitsvektor einstellbar. Es ist aber auch möglich, die mit den Windmeßvorrichtungen gemessenen, unterschiedlichen, nach oben zunehmenden Windgeschwindigkeiten oder -drücke in der elektronischen Regeleinrichtung so zu verarbeiten, daß über die hydraulische Steuereinrichtung die Einstell-  
15 winkel der Flügel während jeder Umdrehung des Windrads laufend, zyklisch von einem Minimum auf ein Maximum und zurück auf das Minimum geändert werden, um eine Laufunruhe des Windrads bzw. einen Ungleichförmigkeitsgrad im Drehmomentenverlauf zu vermindern oder zu beseitigen.  
20 Ferner kann bei einer einseitigen Bö in Abhängigkeit von den unterschiedlichen, mit den Windmeßvorrichtungen gemessenen Windgeschwindigkeiten bzw. -drücken eine Flügelverstellung, z. B. in die Nullstellung, erfolgen. Die unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten oder -drücke kön-  
25 nen auch durch Bodenerhebungen und Bauwerke und durch von Menschenhand geschaffene Änderungen der Geländestruktur bedingt sein.

- Das Vorgehen in all diesen Fällen (Anspruch 2) ist bei jeder  
30 Flügelzahl durchführbar, z. B. auch bei drei Flügeln, und ferner wird die Verstellung nicht durch Winddruck bzw. Luftkräfte auf die Flügel und ohne eine mechanische Verstell-  
einrichtung im Nabengebiet bewirkt. Es gibt hier ferner  
kein genanntes Windradschwenken.

35

7.1982  
11.03.1980

1

Es können die Flügel über die elektronische Regeleinrichtung und die hydraulische Steuereinrichtung außerdem noch in Abhängigkeit von den verschiedenen Windstärken gleichmäßig verstellbar sein (z.B. für Drehzahlregelung und/oder Leistungsregelung).

5

Was den Anspruch 3 betrifft, so sind im Fall der Flügel die Windmeßvorrichtungen insbesondere an den äußeren Flügelenden vorgesehen. Eine genannte Trageinrichtung besteht insbesondere aus Stangen oder einer Stangenkonstruktion oder -anordnung. Auch jeder der genannten Meßmasten kann für die Windmeßvorrichtungen eine Trageinrichtung, insbesondere die eben genannter Art, aufweisen. In allen Fällen können die Windmeßvorrichtungen bei dem im Anspruch 2 genannten Querschnitt an Außenenden oder mittleren Stellen von Rädern vorgesehen oder an der Peripherie verteilt vorgesehen sein oder aber auch längs des vertikalen Durchmessers oder längs Rädern verteilt vorgesehen sein, wobei Mittelwerte der Meßimpulse zu den Verstellimpulsen verarbeitet werden. In denjenigen Fällen des Anspruches 3, in denen die Windmeßvorrichtungen nicht an den Flügeln vorgesehen sind, kann eine beim Windradumlauf kontinuierliche Verstellung des Flügels durch in der elektronischen Regelungseinrichtung über die Windmeßimpulse berechnete Zwischenimpulse erzielt werden. Ein Windraddrehstellungsmesser - siehe den Anspruch 5 - ist insbesondere im Zusammenhang mit den Meßimpulsen der Windmeßvorrichtungen dieser letztgenannten Fälle vorgesehen.

25  
30

Die Windmeßvorrichtungen können z. B. Winddruckmeßdosen oder Prallvorrichtungen sein. Sie können z. B. auch Prandtl'sche Staurohre, mit Differenzdruckmeßdosen, oder Windrädchen (Anemometer) sein. Ein Prandtl'sches Staurohr kann mit radialem Abstand in einem Außenrohr vorgesehen sein. Das

35

7.1982  
11.03.1980

1

12  
Außenrohr kann vor dem Prandtlischen Staurohr, insbesondere am Außenrohreintritt, ein Strömungsgleichrichtergitter aufweisen. Die Windmeßvorrichtung, z. B. eine Prandtlstaurohr-Außenrohr-Einheit, kann, wenn am Flügel, insbesondere Flügelende, vorgesehen, um die Flügellängsachse oder dergleichen in die oder die passende Wind- bzw. Luftströmungsrichtung drehbar oder dreh- und steuerbar angeordnet sein.

10

Der Dehnmeßstreifen gemäß dem Anspruch 4 befindet sich vorzugsweise dicht unter der Außenoberfläche des Flügels und mißt die Dehnung des sich durch den Wind biegenden Flügels. Bei der Einzelverstellung der Flügel wird insbesondere gemäß dem Anspruch 6 vorgegangen. Zu den übrigen Unteransprüchen wird insbesondere auf die Beschreibung der Zeichnung verwiesen.

20

Die elektronische Regeleinrichtung, die hydraulische Steuereinrichtung und die Steuerflüssigkeitsliefer- einrichtung können z.B. in der Nabe des Windrads untergebracht sein und mit ihr umlaufen oder nicht umlaufen, wobei für genannte Zwecke je Flügel ein genanntes Servoventil oder für sämtliche Flügel ein gemeinsames genanntes Servoventil vorgesehen sein kann. Diese drei Einrichtungen können aber auch z.B. im Maschinengehäuse oder dergleichen, das den von der Nabe her angetriebenen elektrischen Generator der Windkraftanlage aufnimmt, oder im Turm der Windkraftanlage untergebracht sein. Dabei ist z.B. ein gemeinsames genanntes Servoventil für sämtliche Flügel vorgesehen. Druckleitung und Rückleitung für die Steuerflüssigkeit können coaxial durch eine Hohlwelle des Generators und über Gelenke verlaufen. Die elektrischen Kabel zur elektronischen Regeleinrichtung können über Schleifringe geführt werden. Es können

30

35

7.1982  
11.03.1980

1

Prandtl'sche Staurohre am Umfang des Turms in einer  
Horizontalebene angeordnet sein. Eine Netz-, Batterie-  
oder Hilfsgeneratorenergie zum Starten der Regelungs-  
5 und Steuerungsanlage kann durch ein Kabel- und Schleif-  
ringsystem und durch die genannte Hohlwelle geführt  
werden.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der erfin-  
10 dungsgemäßen Regelungs- und Steuerungsanlage schematisch  
bzw. als Schaltbild dargestellt.

Diese Anlage weist bestimmte Meßvorrichtungen (siehe  
später), eine elektronische Regeleinrichtung oder -ein-  
15 heit 20, eine aus drei gleichen, hydraulischen Einzel-  
steuereinrichtungen I für eine Einzelverstellung der  
Flügel eines dreiflügeligen Windrads eines Windkraftwerks  
bestehende, hydraulische Steuereinrichtung - nur eine  
dieser Einzelsteuereinrichtungen I ist dargestellt - und  
20 eine Einrichtung II zur Lieferung der Steuerflüssigkeit  
für die hydraulische Steuereinrichtung auf. Die drei hy-  
draulischen Einzelsteuereinrichtungen I und die nur ein  
Mal vorgesehene, aus der elektronischen Regeleinrichtung 20  
und der Steuerflüssigkeitsliefereinrichtung II bestehende,  
25 elektrohydraulische Einrichtung oder Einheit sind in einem  
Gehäuse 39 der umlaufenden Nabe des Windrads untergebracht  
und laufen mit dem Gehäuse 39 bzw. mit dieser Nabe um.  
Impulsleitungen sind langgestrichelt, Steuerflüssigkeits-  
leitungen durchgezogen dargestellt. Die Steuerflüssigkeit  
30 ist insbesondere Öl.

Die Steuerflüssigkeitsliefereinrichtung II weist für die  
Steuerflüssigkeit eine hydraulische Pumpe (insbesondere  
Verdrängerkolbenpumpe ) 21 mit einem sie antreibenden Elek-  
35 tromotor 19, einen geschlossenen Sammelbehälter (Reser-

7.1982  
11.03.1980

voir) 22, einen Wärmetauscher 23, ein Entladungsventil 24 und einen Druckspeicher (Druckreservoir) 25 auf. Die Einzelsteuereinrichtung I weist ein Servoventil 26, zwei  
5 Einwegdrosselventile 27 und 28 und einen hydraulischen Stellmotor 29 (insbesondere mit Drehkolben; aber auch mit gerade hin- und hergehendem Kolben möglich auf.

10 Von den drei zueinander um 120° versetzt angeordneten Flügeln 41 des Windrads sind nur zwei dargestellt und nur andeutungsweise - siehe ihre idealen Längsachsen 40 und 41.

15 Vom Druckspeicher 25 zum Servoventil 26 führt für die Steuerflüssigkeit eine Leitung, in der sich in dieser Richtung aufeinanderfolgend ein Einwegventil 12 und ein Filter 38 befinden. Von dieser Druckleitung 13 zweigen  
20 zwischen dem Filter 38 und dem Servoventil 26 zwei Druckleitungen 13' ab, von denen eine Druckleitung 13' dargestellt ist und die zu den beiden anderen Servoventilen 26 führen; ähnlich sind drei Rückleitungen 14, 14', 14' vorgesehen. Es handelt sich jeweils um eine Parallelschaltung. Über die Servoventile 26 werden durch die Steuerflüssigkeit die Stellmotoren 29 gesteuert. Der Druckspeicher 25 ist  
25 durch ein Druckkontrollventil (Sicherheitsventil, Überdruckventil) 37 gesichert, über das in den Sammelbehälter 22 entleert wird. Im Fall einer Reparatur oder Inspektion kann der Druckspeicher 25 durch ein handbetätigtes Ventil 33 in den Sammelbehälter 22 entladen werden.

30 Wird eine durch den Pfeil 30 angedeutete Netz-, Batterie- oder Hilfsgeneratorenergie eingeschaltet, so startet die elektronische Einrichtung 20 den Elektromotor 19 und somit die Pumpe 21. Die Leckflüssigkeit der Pumpe 21 wird  
35 in die vom Servoventil 26 durch den Wärmetauscher 23 zum

7.1982  
11.03.1980

1 sammelbehälter 22 führende Rückleitung 14 abgeleitet. Die  
Ansaugseite der Pumpe 21 wird mit der Steuerflüssigkeit  
aus dem Sammelbehälter 22 durch ein Sieb 36 hindurch  
5 versorgt. In die Steuerflüssigkeit des Sammelbehälters 22  
ragt eine Elastomerblase 31 hinein, die mit Stickstoff  
(N<sub>2</sub>) unter geringem Druck (etwa 2 bar) gefüllt ist. Die  
Elastomerblase 31 verhindert ein Schwappen der Steuer-  
flüssigkeit während des Umlaufens der Nabe, paßt sich dem  
10 Steuerflüssigkeitsvorrat an und sorgt für eine ununter-  
brochene Zufuhr der Steuerflüssigkeit in der Einrich-  
tung II und zur hydraulischen Steuereinrichtung, und  
zwar ohne Luftbeimengung. Ein Thermoventil 32 des Wärme-  
tauschers 23 kontrolliert die Temperatur der Steuerflüssig-  
15 keit durch Zu- und Abschalten des Wärmetauschers 23.

Wird die Pumpe 21 gestartet, so pumpt sie die Steuer-  
flüssigkeit nahezu ohne Druckbelastung wieder in den  
Sammelbehälter 22 zurück, solange das Entladungsven-  
20 til 24 die Rückleitung 14 nicht geschlossen hat. Ist  
nun nach abgeschlossener Start- oder Anlaufphase die  
Rückleitung 14 zum Sammelbehälter 22 durch das Entladungs-  
ventil 24, z.B. durch einen Impuls der elektronischen Regel-  
einrichtung 20, geschlossen, so wird der Druckspeicher 25,  
25 dessen Elastomerblase 17 mit Stickstoff (N<sub>2</sub>) unter  
hohem Druck (> 50 bar), der auf den Druck des hydrau-  
lischen Systems zugeschnitten ist, gefüllt ist, durch die  
Pumpe 21 auf den vorgesehenen Steuerflüssigkeitsdruck ge-  
bracht. Der Elektromotor 19 und somit die Pumpe 21 ist  
30 über die Regeleinrichtung 20 durch einen nicht darge-  
stellten Steuerflüssigkeitsdruckschalter bzw. -regler  
des Druckspeichers 25 ein- und ausschaltbar. Die Pumpe 21  
wird nach dem Unterdrucksetzen des Druckspeichers 25 also  
durch Befehl dieses Druckschalters bzw. -reglers automa-  
35 tisch abgestellt. Sinkt der Druck im Druckspeicher 25,

7.1982

11.03.1980



- 1 stellt dieser Druckschalter bzw. -regler die Pumpe 21 automatisch wieder an.
- 5 Nach einer bestimmten Zeit, gerechnet vom Einschalten der Pumpe 21 ab, schaltet nach dem eben genannten Abschalten der Pumpe 21 ein Zeitschaltmechanismus (Schaltuhr) 34 die drei Servoventile 26 synchron ein, damit die drei Stellmotoren 29 mit vollem vorgesehenem Steuerflüssigkeitsdruck
- 10 betätigt werden können. Die drei Servoventile 26 erhalten Verstell- bzw. Schaltimpulse (verstärkte Signale) von der elektronischen Regeleinrichtung 20, die zu diesen Impulsen bzw. Signalen Meßimpulse verarbeitet, die sie ihrerseits von den erwähnten bestimmten Meßvorrichtungen erhält. Diese
- 15 Meßvorrichtungen sind folgende:

Mehrere an verschiedenen Stellen an einem Querschnitt des das Windrad betreibenden Luftstroms befindliche Prandtlische Staurohre 43, jeweils mit Differenzdruckmeßdose 44 des

20 Staurohrs,

drei Dehnmeßstreifen 45 - jeweils ein Dehnmeßstreifen 45 an jedem Flügel 41 - im Gebiet des höchstbelasteten Flügelquerschnitts (insbesondere am Flügelende),

- 25 drei Beschleunigungsmesser (oder -meßdosen) 10 - jeweils ein Beschleunigungsmesser 10 an jedem Flügel 41 - insbesondere im Gebiet des Flügelendes -, wobei der Beschleunigungsmesser 10 die in Flügel längsrichtung wirkende
- 30 Zentrifugalbeschleunigung des Flügels und/oder die bei Flügelbiegung durch Windbeschleunigung (Bö) auftretende Beschleunigung des Flügelendes mißt,

35 7.1982  
11.03.1980

1

77

5 drei der Verstell-Rückkopplung (-Feedback) dienende,  
mit dem jeweiligen Flügel 41 mitdrehbare Drehwiderstände  
11 - jeweils ein Drehwiderstand 11 für jeden Flügel-, die  
auch als Drehstellungsmesser für die Flügel 41 dienen kön-  
nen, oder entsprechende Weggeber,

ein Windraddrehzahlmesser 18 und

10 ein Windraddrehstellungsmesser, der nicht dargestellt  
ist.

15 Gibt z. B. eine Meßdose 44 ein falsches Signal, bei-  
spielsweise wegen Vereisung des betreffenden Prandtlischen  
Staurohrs 43, dann können die Flügel 41 z. B. von den  
Dehnmeßstreifen 45 und/oder den Beschleunigungsmessern 10  
her verstellt werden. Andererseits kann ein richtiges  
Meßdosen-Signal z. B. von dem Dehnmeßstreifen-Signal  
in der elektronischen Einrichtung 20 so korrigiert wer-  
den, daß die höchstzulässige Flügelbiegung nicht über-  
schritten wird.

25 Die drei Stellmotoren 29 werden durch die elektronische  
Einrichtung 20 über die Servoventile 26 gesteuert. In  
jeder der hydraulischen Einzelsteuereinrichtungen I ge-  
langt die Steuerflüssigkeit aus der Druckleitung 13 (13')  
über das Servoventil 26 je nach gewünschter Drehrichtung  
des Flügels 41 bzw. also Schaltung des Servoventils 26  
in die Leitung 15 oder 16 und dann in den Stellmotor 29,  
30 um ihn zu betätigen; und die Rücklaufflüssigkeit durch  
die Leitung 16 bzw. 15 und das Servoventil 26 in die Rück-  
leitung 14 (14'). Dem Stellmotor 29 wird dabei zur Er-  
zielung einer gewünschten Drehstellung des Flügels 41  
durch das Servoventil 26 ein bestimmtes Steuerflüssig-  
35 keitsvolumen zugeteilt; der Flügeldrehwinkel ist also

7.1932  
11.03.1930

1

eine Funktion des dem Stellmotor 29 zugeteilten Steuer-  
flüssigkeitsvolumens. Der Stellmotor 29 weist eine ein-  
gebaute, automatische Nullrückkehr auf. Bei einem hy-  
5 draulischen und/oder elektronischen und/oder sonstigen  
Versagen geht der Stellmotor 29 bzw. gehen die Stellmo-  
toren 29 auf eine Stellung zurück, die die Null- oder  
Fahnenstellung des Flügels 41 bzw. der Flügel 41 ergibt.  
Der Stellmotor 29 steht über eine Kupplung 35 mit der  
10 Achse des Flügels 41 in Verbindung.

Die Einwegdrosselventile (Durchflußmengenbegrenzer oder  
-regler) 27 und 28 befinden sich in den Leitungen 15 und  
16 und sind einstellbar. Sie regeln die Flügelver-  
15 stellgeschwindigkeit und somit die Flügelverstellzeit.  
Wenn das Servoventil 26 zu weit öffnet und dadurch der  
Stellmotor 29 zu schnell verstellt würde, dann beschränkt  
das Einwegdrosselventil 27 bzw. 28 den Zufluß zum Stell-  
motor 29. Durch die Einwegdrosselventile 27 und 28 wird  
20 erreicht, daß beim Stellmotor 29 und somit beim Flügel  
41 eine gewünschte maximale Verstellgeschwindigkeit nicht  
überschritten wird, damit der Flügel 41 nicht durch die  
Drehmomente und Massenkräfte unzulässig hoch tordiert  
wird.

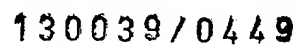
25

27

30

35 7.1982  
11.03.1980

30 09 922  
F 03 D 7/02  
14. März 1980  
24. September 1981



**DERWENT-ACC-NO:** 1981-K2121D

**DERWENT-WEEK:** 198140

*COPYRIGHT 2008 DERWENT INFORMATION LTD*

**TITLE:** Wind power generating station with servo control of blades uses measuring instrument of safety monitoring system producing pulses processed electronically

**INVENTOR:** BRIELMAIER A

**PATENT-ASSIGNEE:** MAN MASCHFAB AUGSBURG-NUERNBERG[MAUG]

**PRIORITY-DATA:** 1980DE-3009922 (March 14, 1980)

**PATENT-FAMILY:**

<b>PUB-NO</b>	<b>PUB-DATE</b>	<b>LANGUAGE</b>
DE 3009922 A	September 24, 1981	DE

**APPLICATION-DATA:**

<b>PUB-NO</b>	<b>APPL-DESCRIPTOR</b>	<b>APPL-NO</b>	<b>APPL-DATE</b>
DE 3009922A	N/A	1980DE-3009922	March 14, 1980

**ABSTRACTED-PUB-NO:** DE 3009922 A

**BASIC-ABSTRACT:**

A wind power generation station has a regulation and control circuit

for adjusting the blades of the wind turbine. The blade settings for the various wind characteristics and changes are effected rapidly and securely with the min. of mechanical operations.

The measuring instruments used for the adjustment are part of the safety monitoring devices linked to the blades. The measuring pulses are processed in an electronic control unit to produce adjustment pulses. These pulses act as a supplement to the measuring system. They operate a hydraulic control unit with limiters for the throughput. Another unit supplies the control fluid in a circuit with a header vessel and a pressure store.

**TITLE-TERMS:** WIND POWER GENERATE STATION SERVO  
CONTROL BLADE MEASURE INSTRUMENT  
SAFETY MONITOR SYSTEM PRODUCE PULSE  
PROCESS ELECTRONIC

**DERWENT-CLASS:** Q55 X15

**EPI-CODES:** X15-B09;